

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-316542

(43)Date of publication of application : 29.11.1996

(51)Int.Cl.

H01L 41/083

B06B 1/06

H01L 41/22

H04R 31/00

(21)Application number : 07-144200

(71)Applicant : NIPPON CEMENT CO LTD

(22)Date of filing : 19.05.1995

(72)Inventor : KUBOTA MASA  
NAKANISHI NAOKI  
MINAMI NOBUYUKI

## (54) MANUFACTURE OF LAMINATED PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method of manufacturing a laminated piezoelectric actuator which is enhanced in resistance to fracture caused by repetitive driving.

CONSTITUTION: A laminated piezoelectric actuator is manufactured through such a method that plural green sheets are laminated together, and the laminated sheets are electrically connected together through viaholes, wherein the viaholes are provided to the laminated ceramic in spiral.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 3 1 6 5 4 2

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 11 月 29 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	41/083		H 0 1 L 41/08	Q
B 0 6 B	1/06		B 0 6 B 1/06	Z
H 0 1 L	41/22		H 0 4 R 31/00	Z
H 0 4 R	31/00		H 0 1 L 41/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平 7-144200

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 5 月 19 日

(71) 出願人 000004190

日本セメント株式会社  
東京都千代田区大手町 1 丁目 6 番 1 号

(72) 発明者 久保田 雅

千葉県千葉市緑区小食土町 1178-103-7-305

(72) 発明者 中西 直己

千葉県東金市田間 443-7-103

(72) 発明者 南 信之

東京都北区浮間 1-3-1-701

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエーターの製造方法

(57) 【要約】

【目的】 繰り返し駆動による破壊を改善する積層型圧電アクチュエーターの製造方法を提供すること。

【構成】 複数枚のグリーンシートを積層し、その層間の電氣的接続をビアホールで接続する積層型圧電アクチュエーターの製造方法において、該ビアホールが、積層セラミックス内で螺旋状に形成されることとした積層型圧電アクチュエーターの製造方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数枚のグリーンシートを積層し、その層間の電氣的接続をビアホールで接続して焼結する積層型圧電アクチュエーターの製造方法において、該ビアホールが、積層したグリーンシート内で螺旋状に形成されて接続されることを特徴とする積層型圧電アクチュエーターの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、圧電アクチュエーターの製造方法に関し、特に積層型圧電アクチュエーターの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 圧電アクチュエーターには、小型かつ低電圧で駆動することが要求されている。その要求を満たすため複数枚のグリーンシートを積層する積層型の圧電アクチュエーターが開発された。この積層型圧電アクチュエーターの製造方法を説明すると、一つは、図 1 に示す通り内部電極を側面に引き出し、引き出した内部電極を側面で 1 層おきにつなぐ方法と、他の一つは、図 2 に示す通り内部電極をビアホールにより 1 層おきに接続する方法とが知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前者の方法で製造した圧電アクチュエーターは、層の全面に電界が印加されるので、繰り返し駆動しても問題はないが、製造方法については、側面に引き出した内部電極の絶縁化に手間がかかり生産性にはあまり良くなかった。

【0004】 一方、後者の方法で製造した圧電アクチュエーターは、製造方法は簡単で生産性は高いものの、グリーンシートのビアホール周辺部分に 1 層おきに電極がない部分、言い換えれば電界が印加されない部分が存在するため、電界によって誘起される振動がビアホール周辺部分には 1 層おきに発生しないことになる。そのため、ビアホール周辺の振動が発生しない部分に応力が集中し、繰り返し駆動すると圧電アクチュエーターが破壊してしまうという問題があった。

【0005】 本発明は、上述した積層型の圧電アクチュエーターの製造方法が有する課題に鑑みなされたものであって、その目的は、生産性の高いビアホールによって電氣的に接続する製造方法において、繰り返し駆動による破壊を改善する積層型圧電アクチュエーターの製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明者等は、上記目的を達成するため、鋭意研究した結果、ビアホール周辺の応力集中を分散させれば繰り返し駆動による破壊を改善できるとの知見を得、以下に述べる発明を完成した。

【0007】 即ち本発明は、複数枚のグリーンシートを積層し、その層間の電氣的接続をビアホールで接続して

焼結する積層型圧電アクチュエーターの製造方法において、該ビアホールが、積層したグリーンシート内で螺旋状に形成されて接続されることを特徴とする積層型圧電アクチュエーターの製造方法とすることを要旨とする。

【0008】 従来は図 2 に示す通り、ビアホールが一線上に形成されているので、駆動時に応力がビアホール周辺部分に全て集中して破壊される結果となっていた。これが図 3 に示す通りビアホールを上から順次螺旋状に形成することにより、駆動時にビアホール周辺部分に集中していた応力が螺旋状に分散するため、繰り返し駆動しても破壊が生じない結果となる。

【0009】 このビアホールをランダムに形成すればさらに応力が分散されるが、各層で印刷パターンを全て揃えておく必要があるため生産性が低下し、さらにコストも上昇してしまうため、これを位置に周期性をもたせて螺旋状に形成すれば、印刷パターンを共有することができるので、生産性の低下を防ぐことが可能となり、応力も破壊されない程度に片寄らず均等に分散する。

【0010】 上記に述べた製造方法をさらに詳細に述べると、圧電アクチュエーターを作製できる方法であればどんな方法でも構わないが、一例をあげると、先ず原料として圧電アクチュエーター製造用の原料粉末を所定の組成となるように配合してミルで混合する。混合したスラリーをドクターブレード法や押し出し法などの慣用の成形方法で所望の厚さのグリーンシートを作製する。

【0011】 作製したグリーンシートに複数枚毎に順次螺旋状となるようにパンチングしてビアホールを形成する。形成したビアホールに印刷によって導体を充填した後、グリーンシートの最上層の上面及び最下層の下面の全面に印刷により電極を形成し、内部の層は図 3 に示す通り 1 層おきにビアホールと接続するよう内部電極を形成する。電極を形成したグリーンシートを所要枚数重ね、所定温度で熱圧着して積層した後、その積層体を所定温度で焼結する。焼結した焼結体を所定の大きさに切断し、切断した焼結体に所定の直流電圧を印加して分極処理することにより圧電アクチュエーターが作製される。

【0012】 以上の通り、上記のような方法で製造すれば、繰り返し駆動しても破壊しない積層型圧電アクチュエーターが得られる。

【0013】

【実施例】 以下、本発明の実施例を比較例と共に挙げ、図面を参照しながら本発明をより詳細に説明する。

【0014】 (実施例 1～2)

(1) グリーンシートの成形

実施例 1 では圧電アクチュエーター用に用いられる

(株) メガセラ製の D 材 (商品名) の、また実施例 2 では (株) メガセラ製の C 材 (商品名) の粉末にバインダーを添加し混合してスラリーを作製した。そのスラリーをドクターブレード法によって  $150\mu\text{m}$  の厚さのグリ

ーンシートを成形した。

【0015】(2) 圧電アクチュエーターの作製  
成形したグリーンシートに正極には、1層と3層とが、3層と5層とが、以下同じで最終的に98層と100層とが接続するように図3に示す位置にパンチング装置によって直径が150 $\mu$ mのピアホールを形成した。また、負極には同じく2層と4層とが、4層と6層とが、以下同じで最終的に99層と101層とが接続するように図3に示す位置にピアホールを形成し、それらのホールに印刷機でAgの導体ペーストを充填した。

【0016】次に、このグリーンシートの1層の上面全面に及び101層の下面全面にAg-Pdペーストを印刷し、さらに、2層以降では上層とつながらないようにそのピアホールの周辺部を除いてAgペーストを印刷した。これら電極を印刷したグリーンシートを101層重ねた後、熱圧着して積層した。この積層体を焼結し、焼結した焼結体を縦10mm、横10mmの大きさに切断\*

\*した後、その焼結体に3000V/mmの直流電圧を印加し分極処理して圧電アクチュエーターを作製した。

【0017】(3) 評価

作製した圧電アクチュエーターは、正常な圧電体であるかどうかをみるため圧電特性を測定した。圧電アクチュエーターの破壊状態は、150Vの電圧を印加し、繰り返し駆動させて正常に駆動されているかどうかを調べ、駆動に異常が認められたものを破壊されたとした。それらの結果を表1に示す。

10 【0018】(比較例1～2) 比較のために、比較例1では実施例1の、比較例2では実施例2のグリーンシートを用い、図2に示す如くピアホールを一線上に形成した他は実施例と同様にして圧電アクチュエーターを作製し、評価をした。それらの結果も表1に示す。

【0019】

【表1】

		圧 電 特 性				破壊状態
		比誘電率	電気機械結合計数	弾性定数	圧電定数	
実施例	1	4500	0.76	18.5	660	破壊無し
	2	1800	0.74	17.7	420	破壊無し
比較例	1	4500	0.76	18.5	660	破壊
	2	1800	0.74	17.7	420	破壊

【0020】表1から明らかなように、実施例においては、圧電特性には特に異常はなく、正常に駆動でき、さらに問題なく駆動を続けることができた。

【0021】これに対して比較例は、実施例と同じグリーンシートを用いているので圧電特性には異常はないものの、比較例1では駆動初期で圧電アクチュエーターが破壊されてしまった。また、比較例2も繰り返し駆動で破壊されてしまった。

【0022】

【発明の効果】以上の通り、本発明にかかる方法で製造すれば、内部電極をピアホールで接続する積層型の圧電

40 アクチュエーターであっても、繰り返し駆動しても破壊しないアクチュエーターが得られるようになった。また、印刷パターンも少ないため、生産性の低下、コストの上昇も僅かであった。このことにより、長時間使用できる圧電アクチュエーターを安価で簡単に製造することができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来法における内部電極を側面に引き出し、側面で接続する圧電アクチュエーターの平面図(a)と断面図(b)である。

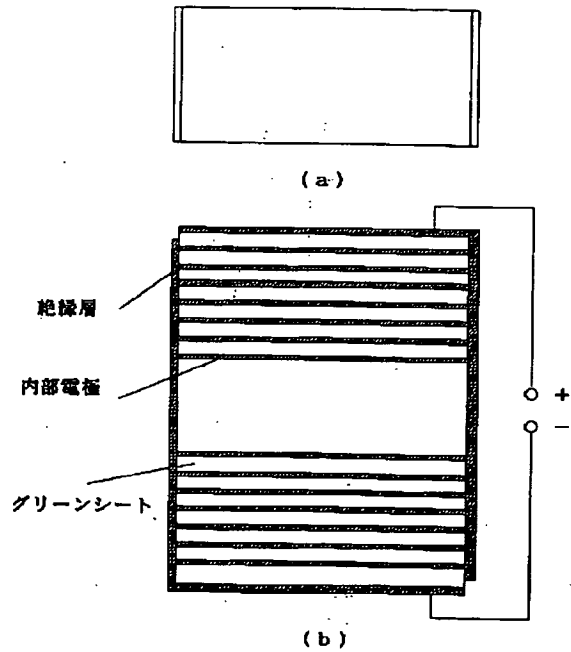
【図2】従来法における内部電極を一線上に形成したピ

5

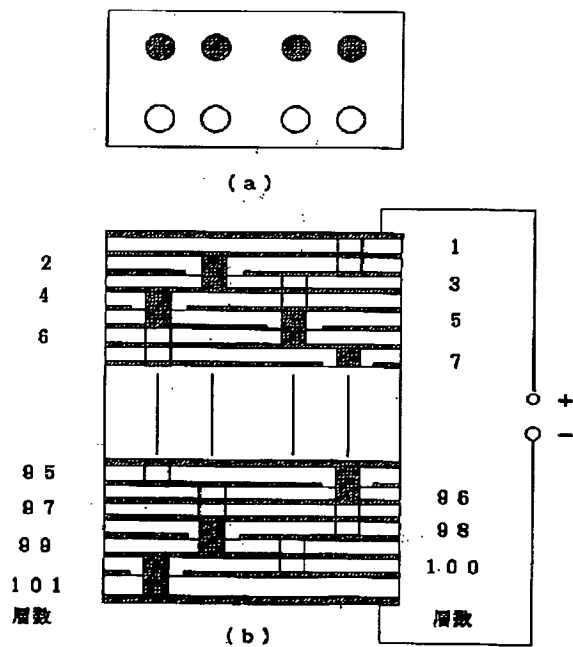
アホールで接続する圧電アクチュエーターの平面図  
(a)と断面図(b)である。

【図3】本発明における内部電極を螺旋状に形成したピ

【図1】



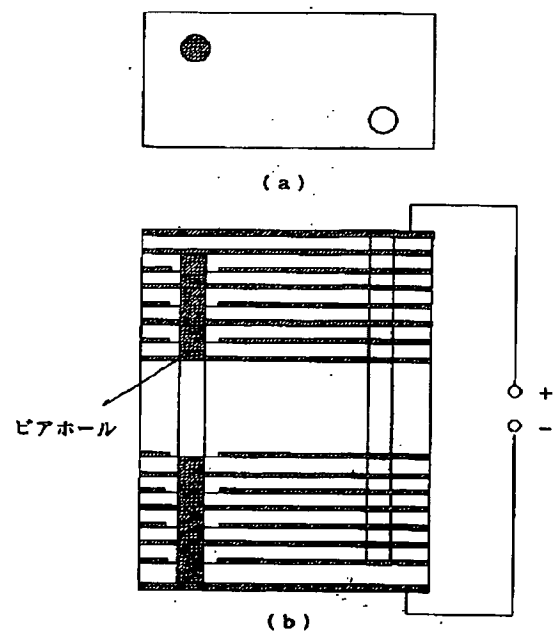
【図3】



6

アホールで接続する圧電アクチュエーターの平面図  
(a)と断面図(b)である。

【図2】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-316542

(43)Date of publication of application : 29.11.1996

(51)Int.Cl.

H01L 41/083

B06B 1/06

H01L 41/22

H04R 31/00

(21)Application number : 07-144200

(71)Applicant : NIPPON CEMENT CO LTD

(22)Date of filing : 19.05.1995

(72)Inventor : KUBOTA MASA  
NAKANISHI NAOKI  
MINAMI NOBUYUKI

(54) MANUFACTURE OF LAMINATED PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method of manufacturing a laminated piezoelectric actuator which is enhanced in resistance to fracture caused by repetitive driving.

CONSTITUTION: A laminated piezoelectric actuator is manufactured through such a method that plural green sheets are laminated together, and the laminated sheets are electrically connected together through viaholes, wherein the viaholes are provided to the laminated ceramic in spiral.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A manufacture method of a laminating mold electrostrictive actuator characterized by being formed spirally and connecting within a green sheet with which the laminating of the green sheet of two or more sheets was carried out, and this beer hall carried out the laminating of the electrical installation between the layer in a manufacture method of a laminating mold electrostrictive actuator connected and sintered in a beer hall.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the manufacture method of a laminating mold electrostrictive actuator about the manufacture method of an electrostrictive actuator.

[0002]

[Description of the Prior Art] The electrostrictive actuator is required to drive by small and the low battery. In order to fill the demand, the electrostrictive actuator of the laminating mold which carries out the laminating of the green sheet of two or more sheets was developed. If the manufacture method of this laminating mold electrostrictive actuator is explained, the method of connecting an internal electrode every other layer by the beer hall is learned as the method of it pulling out an internal electrode on the side as one is shown in drawing 1 , and connecting the pulled-out internal electrode every other layer on the side, and other one are shown in drawing 2 .

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although it was satisfactory even if the electrostrictive actuator manufactured by the former method carried out repeat actuation, since electric field were impressed all over the layer, about the manufacture method, insulation-ization of the internal electrode pulled out on the side took time and effort, and it was not so good for productivity.

[0004] On the other hand, although the electrostrictive actuator manufactured by the latter method is simple for the manufacture method and productivity is high, since in other words the portion which does not have an electrode in the beer hall circumference portion of a green sheet every other layer, and the portion to which electric field are not impressed exist, the oscillation induction is carried out [ an oscillation ] by electric field will not occur every other layer into a beer hall circumference portion. Therefore, when stress concentrated on the portion which the oscillation around a beer hall does not generate and repeat actuation was carried out, there was a problem that an electrostrictive actuator will break.

[0005] This invention is made in view of the technical problem which the manufacture method of the electrostrictive actuator of the laminating mold mentioned above has, and the object is in offering the manufacture method of the laminating mold electrostrictive actuator which improves destruction by repeat actuation in the manufacture method which connects electrically by the beer hall where productivity is high.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, as a result of inquiring wholeheartedly, this invention person etc. acquired knowledge that destruction by repeat actuation is improvable, when distributing stress concentration around a beer hall, and completed invention described below.

[0007] That is, this invention makes it a summary to consider as a manufacture method of a laminating mold electrostrictive actuator characterized by being formed spirally and connecting within a green sheet with which the laminating of the green sheet of two or more sheets was carried out, and this beer hall carried out the laminating of the electrical installation between the layer in a manufacture method of a laminating mold electrostrictive actuator connected and sintered in a beer hall.

[0008] Since a beer hall was formed on a line as conventionally shown in drawing 2 , a result by which stress concentrates on a beer hall circumference portion altogether, and is destroyed at the time of actuation had been brought. Since stress which was being concentrated on a beer hall circumference portion by forming a beer hall spirally one by one from a top at the time of actuation distributes spirally as this shows drawing 3 , a result which destruction does not produce even if it carries out repeat actuation is brought.

[0009] Although stress will be further distributed if this beer hall is formed at random, since productivity falls since it is



necessary to arrange all printing patterns on each class and cost also goes up further, if periodicity is given to a location and this is spirally formed in it, since a printing pattern is sharable, it becomes possible to prevent lowering of productivity, and does not incline toward a degree by which stress is not destroyed, either, but distributes uniformly.

[0010] When a manufacture method described above is further stated to details, as long as it is the method of producing an electrostrictive actuator, what kind of method may be used, but if an example is given, as a raw material, raw material powder for electrostrictive actuator manufacture will be first, blended so that it may become a predetermined presentation, and it will mix with a mill. A green sheet of desired thickness is produced by the shaping method of common use of a mixed slurry, such as a doctor blade method and an extrusion process.

[0011] Punching is carried out and a beer hall is formed so that it may become spiral one by one every two or more sheets at a produced green sheet. After filling up a formed beer hall with a conductor by printing, an electrode is formed by printing all over the upper surface of the maximum upper layer of a green sheet, and an underside of the lowest layer, and an internal layer forms an internal electrode so that it may connect with a beer hall every other layer, as it is shown in drawing 3. After it carries out thermocompression bonding of the green sheet in which an electrode was formed and it carries out a laminating at a necessary number-of-sheets pile and predetermined temperature, the layered product is sintered at predetermined temperature. A sintered sintered compact is cut in predetermined magnitude, predetermined direct current voltage is impressed to a cut sintered compact, and an electrostrictive actuator is produced by carrying out polarization processing.

[0012] If it manufactures by above methods as above, a laminating mold electrostrictive actuator which is not destroyed even if it carries out repeat actuation will be obtained.

[0013]

[Example] Hereafter, the example of this invention is given with the example of a comparison, and this invention is explained more to details, referring to a drawing.

[0014] (Examples 1-2)

(1) D material Made from MEGASERA (trade name) used for electrostrictive actuators in the shaping example 1 of a green sheet -- moreover, in the example 2, the binder was added to the powder of C material Made from MEGASERA (trade name), it mixed to it, and the slurry was produced. The green sheet with a thickness of 150 micrometers was fabricated for the slurry with the doctor blade method.

[0015] (2) One layer and three layers formed [ the green sheet in which the electrostrictive actuator carried out production shaping ] the beer hall whose diameter is 150 micrometers in the location shown to drawing 3 that it is the same and 98 layers and 100 layers connect [ three layers and five layers ] eventually below with punching equipment at the positive electrode. Moreover, four layers and six layers formed the beer hall in the location shown to drawing 3 that it is the same and 99 layers and 101 layers connect eventually below, and two-layer and four layers filled up the conductive paste of Ag as well as a negative electrode into those holes with the printing machine.

[0016] Next, it reached all over the upper surface of one layer of this green sheet, and the Ag-Pd paste was printed all over the underside of 101 layers, and further, henceforth [ two-layer ], except for the periphery of that beer hall, Ag paste was printed so that it might not be connected with the upper layer. After piling up 101 layers of green sheets which printed these electrodes, thermocompression bonding was carried out and the laminating was carried out. This layered product was sintered, after cutting the sintered sintered compact in 10mm long and 10mm wide magnitude, the direct current voltage of 3000v/mm was impressed to that sintered compact, polarization processing was carried out and the electrostrictive actuator was produced.

[0017] (3) The electrostrictive actuator which carried out assessment production measured the piezo-electric property in order to see whether it is a normal piezo electric crystal. The destructive condition of an electrostrictive actuator presupposed that the voltage of 150V was impressed, repeat actuation was carried out, it investigated whether it would drive normally and that abnormalities were accepted to be to actuation was destroyed. Those results are shown in a table 1.

[0018] (Examples 1-2 of a comparison) For the comparison, in the example 1 of a comparison, the green sheet of an example 2 was used, the electrostrictive actuator was produced [ as shown in drawing 2, the beer hall was formed on a line, and also ] like the example, and it evaluated by the example 2 of a comparison of an example 1. Those results are also shown in a table 1.

[0019]

[A table 1]

		圧電特性				破壊状態
		比誘電率	電気機械結合計数	弾性定数	圧電定数	
実施例	1	4 5 0 0	0. 7 6	1 8. 5	6 6 0	破壊無し
	2	1 8 0 0	0. 7 4	1 7. 7	4 2 0	破壊無し
比較例	1	4 5 0 0	0. 7 6	1 8. 5	6 6 0	破壊
	2	1 8 0 0	0. 7 4	1 7. 7	4 2 0	破壊

[0020] In the example, there are especially no abnormalities in a piezo-electric property, it could drive normally, and actuation was able to be continued still more satisfactory so that clearly from a table 1.

[0021] On the other hand, since the same green sheet as an example is used for the example of a comparison, although it is normal in a piezo-electric property, in the example 1 of a comparison, the electrostrictive actuator has been destroyed in early stages of actuation. Moreover, the example 2 of a comparison has also been destroyed by repeat actuation.

[0022]

[Effect of the Invention] When manufacturing by the method concerning this invention as above, even if it was the electrostrictive actuator of the laminating mold which connects an internal electrode in a beer hall, the actuator which is not destroyed even if it carries out repeat actuation came to be obtained. Moreover, since there were also few printing patterns, lowering of productivity and lifting of cost were also slight. By this, the electrostrictive actuator which can be used for a long time can be manufactured now cheaply and easily.

[Translation done.]

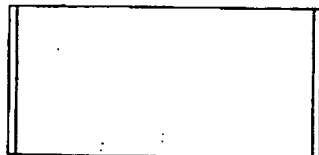
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

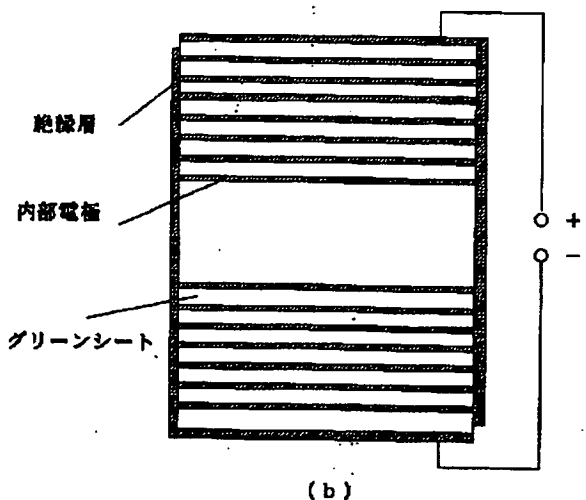
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

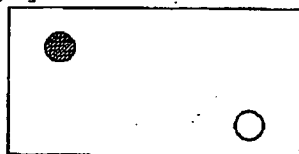


(a)

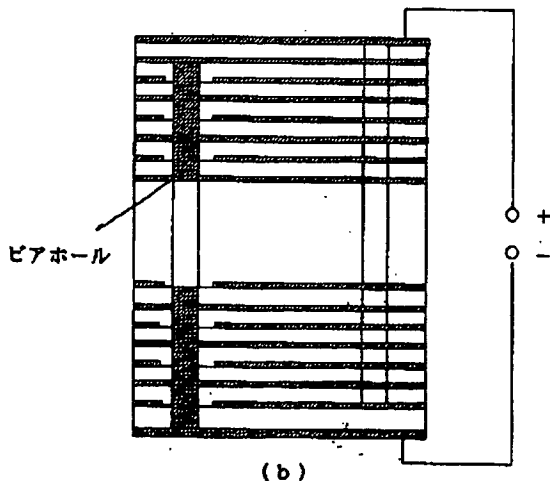


(b)

[Drawing 2]

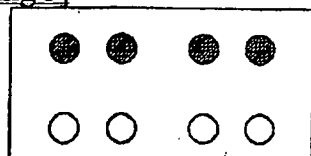


(a)

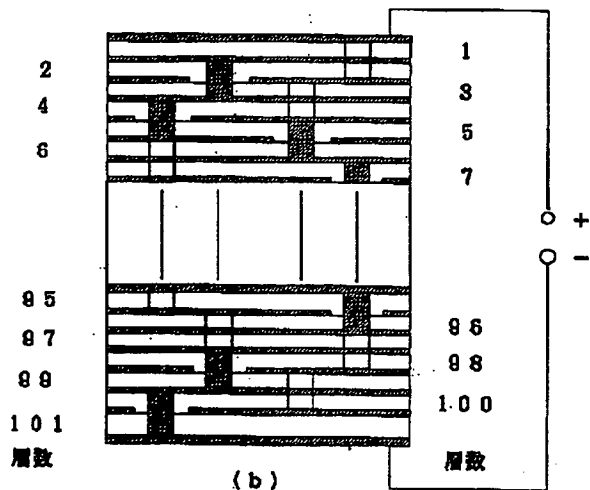


(b)

[Drawing 3]



(a)



(b)

[Translation done.]